Anatomische Untersuchung und Keimungsgeschichte der Samen von Canna und Musa

nebst Bemerkungen

ÜBER EINIGE VERWANDTE SAMEN.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hohen philosophischen Facultät der Kgl. Universität Erlangen

vorgelegt von

CARL OVERHAGE
Apotheker
aus Ahlen i/W.

Ahlen.
Th. Zumbusch'sche Buchdruckerei.
1887.

Anatomische Untersuchung und Keimungsgeschichte der Samen von Canna und Musa

nebst Bemerkungen

ÜBER EINIGE VERWANDTE SAMEN.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hohen philosophischen Facultät der Kgl. Universität Erlangen

vorgelegt von

CARL OVERHAGE
Apotheker
aus Ahlen i/W.

Ahlen.
Th. Zumbusch'sche Buchdruckerei.
1887.

Herrn Dr. Carl Jehn

Apotheker in Geseke

in Dankbarkeit und Hochachtung

zugeeignet

vom Verfasser.

Der Ausgangspunkt für die nachfolgende Arbeit war die Beobachtung sehr schön ausgebildeter Protoplasmaverbindungen zwischen den Zellen des Endosperms der Samen von Colchicum. Es sollte meine Aufgabe sein, die Entwickelung derselben, sowie ihr Verhalten bei der Keimung zu studiren und indem andere monokotyle Samen zum Vergleich herangezogen werden sollten, event. zu allgemeineren Gesichtspunkten zu gelangen. Der erste Theil dieser Arbeit konnte gelöst werden, da reichliches Material von Colchicum-Samen in verschiedenen Alterszuständen zu Gebote stand, nicht so der zweite, da trotz aller Bemühungen und trotz in der verschiedensten Weise variirter Versuche in keinem einzigen Falle ein Colchicum-Same zum Keimen gebracht werden konnte. Unter den von vornherein ins Auge gefassten Samen befanden sich die von Musa und Canna, von welchen beiden ausgiebiges keimfähiges Material aus verschiedenen Handelsgärtnereien beschafft werden konnte. Die anatomische Structur dieser Samen war aber von der bei Colchicum beobachteten so verschieden, dass der ursprünglich beabsichtigte Zweck ausser Acht gelassen werden musste und damit die Tendenz meiner Arbeit eine völlig veränderte wurde. Ich musste mich darauf beschränken, eine ausführliche morphologische und anatomische Beschreibung der Samen zu geben, wofür in der Litteratur noch fast gar keine Anhaltspunkte vorlagen, andererseits aber die Biologie der Keimung von Musa und Canna genau zu studiren und die dabei auftretenden physiologischen Vorgänge, soweit sie nach den jetzigen Anschauungen und Methoden Resultate erwarten liessen, zu verfolgen. Demnach zerfallen die folgenden Seiten in zwei Hauptabschnitte. Der erste derselben behandelt die Morphologie und Anatomie der Samen von Canna, Musa, Colchicum und enthält noch ausserdem einige Bemerkungen

über die Samen von Veratrum und Clivia; der zweite beschäftigt sich mit der Keimungsgeschichte der Samen von Musa und Canna.

Die Arbeit wurde ausgeführt während des Sommers 1886 und des Winters $18^{86}/_{87}$ im botanischen Institut der Universität Erlangen.

I.

Anatomische Untersuchung der Samen.

1) Colchicum autumnale.

Die reifen Samen von Colchicum erreichen einen Durchmesser von 3—$3_{,5}$ mm und stellen ziemlich unregelmässig gestaltete gelbbraune bis dunkelbraune Körner dar. An dem Mikropyleende derselben sitzt eine kleine unförmige als Caruncula oder Arillus zu bezeichnende Samenwarze von graubrauner Färbung, die an dem noch nicht ausgereiften Samen geschwollen oder schwammig und daher grösser erscheint, als bei den reifen, an denen sie einen harten Höcker bildet. Dass die Samen aus anatropen Samenanlagen hervorgehen, braucht nicht besonders bemerkt zu werden. Die Mikropyle hebt sich sehr wenig von der sonstigen Oberfläche des Samens ab und ist äusserlich in ihrer Lage nur durch die am Funicularende sitzende ebengenannte Caruncula zu erkennen; ebenso lässt sich äusserlich von der Raphe nichts wahrnehmen und damit auch nichts von der Chalaza. Auf einem medianen Längsschnitt tritt die Testa als dünne braune Membran hervor, die ein vollkommen gleichmässiges, hornartig hartes und weisses Endosperm umschliesst. In dem letzteren liegt der Embryo dem Chalazaende genähert, der übrigens bei oberflächlicher Betrachtung wegen seiner Kleinheit und seiner der des Endosperms fast gleichenden Färbung leicht zu übersehen ist. Die Caruncula erscheint dabei als ein mit der Testa nur locker zusammenhängender Anhang, der sich sehr leicht lösst und dann an der dicksten Stelle auf der Innenseite feine, sehr kurze Fäden trägt, die Reste der Fibrovasalstränge des Funiculus. Mikroskopisch besteht sie aus rundlichen bis länglich eirunden Zellen, die zu einem lockeren, grosse und zahlreiche

Interzellularräume führenden Gewebe angeordnet sind. Ihre Membranen sind nur wenig verdickt, dabei meistens runzlich gefaltet und braun gefärbt. Die mikrochemischen Reaktionen ergaben, dass man es hier mit verholzten Zellwänden zu thun hat und nur in der peripherischen Schicht konnte eine Abweichung aufgefunden werden. Diese äusserste Schicht besteht nach Art einer Epidermis aus radial abgeplatteten, in der Medianebene des Samens etwas gestreckten Zellen, die nach aussen von einer cuticularisirten Membran überlagert sind. Während alle anderen Zellelemente des Arillus neben spärlichen Protoplasmaresten ziemlich reichlich Stärkekörner enthalten, fehlen diese der äusseren Schicht gänzlich und bedingen so bei Jodfärbung eine sehr scharfe Abgrenzung derselben. Diese Amylumkörner sind verhältnissmässig gross und treten häufig auch in engerer Zusammenlagerung von 3—8 Körnern als grosse zusammengesetzte Stärkekörner auf. Ausser den oben erwähnten, dem Funiculus angehörigen Gefässbündelresten kommen besondere Fibrovasalbildungen im Arillus nicht vor.

Die Testa ist auf einem Querschnitt aus einer wechselnden Zahl von Zellschichten zusammengesetzt, die an ganz dünnen Stellen die Zahl vier nicht überschreiten. Alle sind ziemlich gleichartig gebaut und schliessen lückenlos ohne Interzellularräume aneinander. Die Membranen sind durchweg braun gefärbt, nur die dem Endosperm anliegende Wandung zeigt eine beträchtliche Dicke. Wie bei den Zellwänden im Arillus finden wir auch hier wellenförmige Einbuchtungen, die dem Ganzen auf dem Querschnitt häufig das Aussehen einer dicotylen Blattepidermis geben. Zu bemerken ist noch, dass fast alle Zellen peripherisch etwas gestreckt sind, in Folge dessen ein Flächenschnitt stets Elemente aufweist, die länger als breit sind. Häufig wölben sich mehr oder weniger zahlreiche Zellen der äussersten Schicht etwas papillenartig über die Oberfläche hervor, daher bei aufmerksamer Betrachtung ein sammtartiger Schimmer die ganzen Samen überzieht. Inhalt führen die Testazellen nicht bis auf einige hie und da zurückgebliebene unbedeutende und formlose Plasmareste. Diese Structur der fertigen Testazellen scheint ziemlich früh ausgebildet zu werden, da auch an jüngeren Samen, deren Endosperm in der Entwicklung noch sehr weit zurück war, kaum Abweichungen entdeckt werden konnten, wenn man nicht eine etwas hellere Färbung der Zellwände hierher rechnen

will. Mit Jod und Schwefelsäure bleiben alle Membranen unverändert, sind also wahrscheinlich cuticularisirt.

Das Endosperm liegt mit einer epidermisartig aussehenden einfachen Zellschicht der Testa dicht an. Es besteht durchweg aus vollkommen gleichmässig gebauten Zellen, die lückenlos mit einander zu einem festen harten Gewebe verbunden sind. Fast immer fällt auf Schnitten, die durch die Mitte eines Samens gehen, eine eigenthümliche Anordnung auf, die darin besteht, dass namentlich die inneren Zellen radial etwas gestreckt sind und reihenförmig auf den Mittelpunkt zulaufen. Die Mitte selbst ist entweder von einer Gruppe unregelmässig durcheinander gewürfelter Zellen ausgefüllt, die nur locker mit einander verbunden sind, oder es zeigt sich auch wohl an Stelle der letzteren eine kleine Lücke. In beiden Fällen jedoch ist die betreffende Stelle so klein, dass mit unbewaffnetem Auge kaum eine Unterbrechung des gewöhnlichen hornartigen Gefüges wahrgenommen werden kann. Die einzelnen Zellen des Endosperms sind abgesehen von der eben erwähnten allerdings nicht sehr bedeutenden Radialstreckung nach allen Richtungen hin gleichartig ausgebildet. Ihre Wände sind bedeutend verdickt und in nicht seltenen Fällen sehr schön geschichtet. Die Verdickungsmassen gleichen in vieler Hinsicht dem hornartigen Endosperm der Kaffeebohnen, indem sie nicht gleichmässig der Mittellamelle aufgelagert sind, sondern in Gestalt von unregelmässigen, sehr verschieden grossen Höckern vorspringen, zwischen denen seichtere oder tiefere, breitere oder schmälere Einsenkungen verlaufen. Ueberall sind sie ziemlich zahlreich getüpfelt. Von der Fläche gesehen erscheinen die Tüpfel als verhältnissmässig grosse, einfache Kreislinien, während sie im Querschnitt bis auf die nur wenig verdickte Mittellamelle reichende Kanäle mit parallelen Wandungen sich darstellen. Die schon erwähnte epidermisartige Schicht grenzt an das Endosperm mit einer platten sehr stark verdickten und nicht getüpfelten Membran, sind im Uebrigen von den inneren Zellen nicht zu unterscheiden. Als Inhalt führen alle Zellen eine protoplasmatische, der Masse nach spärliche Substanz, in der zahlreiche kleine, unbestimmt geformte Proteïnkörner und grosse Mengen von kleineren oder grösseren Tropfen eines fetten Oels eingelagert sind; sie füllt die Tüpfelkanäle vollständig aus. Wie schon in der Einleitung gesagt, sind die Schliessmembranen

der Tüpfel von zahlreichen sehr dünnen Protoplasmafäden durchsetzt. Der Nachweis derselben gelingt sehr leicht, wenn man sich der von Strasburger empfohlenen Präparationsmethode bedient, (Botan. Praktikum p. 616—617). Auf die letztere braucht hier nicht eingegangen zu werden. Sie erscheinen mit den beiderseitigen Plasmakörpern in Verbindung stehend, als feine und körnige blau gefärbte Linien; ganz übereinstimmend mit denen, welche Tangl[1]) im Endosperm verschiedener Gramineen nachgewiesen hat, oder auch, wie sie in den bekannten Rindenparenchymzellen von Rhamnus frangula (Strasburger l. c.) vorkommen. Sie sind schon sehr früh wahrzunehmen, ehe noch die Verdickung der Zellwand ausgiebiger geworden ist, oder überhaupt angefangen hat. Wie sie sich bei der Keimung der Samen verhalten, konnte leider nicht eruirt werden, da wie gesagt kein einziger Same zum Keimen gebracht werden konnte. Die Untersuchung jüngerer Samen ergab nichts, was der Erwähnung besonders werth wäre; es sei denn eine Erscheinung, auf die vorhin schon kurz hingewiesen wurde. Es wird nämlich, während schon Arillus und Testa ihre fertige Structur angenommen haben, erst im allerletzten Stadium mit der Anlage der Wandverdickungen begonnen und dann in erstaunlich kurzer Zeit zu Ende geführt. Die Inhaltsverhältnisse der Zellen ändern sich dabei in der Weise, dass die Protoplasmamenge reduziert wird und das vorher in fein vertheiltem Zustande vorhandene Oel sich zu grösseren Tropfen zusammenballt.

Von dem Embryo, der meistens dem Chalazaende genähert liegt, indessen ausnahmsweise auch einmal näher der Mikropyle gefunden wird, ist ein winzig kleiner länglicher, an den Enden abgerundeter Körper von dem Bau gewöhnlicher Liliaceenembryonen, zu erkennen, so dass hier dieser Hinweis genügen mag. Sein kleinzelliges Gewebe, das nur an der Wurzelspitze die gewöhnliche Differenzierung schon wahrnehmen lässt, ist mit Protoplasma erfüllt und mit einer spärlichen Stärkemenge ausgerüstet. Ebenso zieht sich von der Mikropyle bis zum Radicularende des Embryo, an der Stelle also, wo der Samenträger gelegen hat, ein geschrumpfter Zellfaden hin, der in seinem Innern grosse Massen von Stärkekörnern enthält. Alle

---

[1]) Studien über das Endosperm einiger Gramineen. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissenschaften. I. Abthl. Juliheft Jahrg. 1885.

diese Stärkekörner sind von denen der Caruncula durch Kleinheit und stets unverbundenes Auftreten verschieden.

Wie schon mehrere Male erwähnt, konnten die Colchicumsamen nie zum Keimen gebracht werden. Die Aussaaten wurden wie auch die der später zu beschreibenden Samen in der Weise eingeleitet, dass man die Samen zunächst in Wasser von 35—45 ° brachte und sie in demselben 24 Stunden liegen liess. Sodann wurden sie in flache Schalen mit gewöhnlicher Gartenerde oder in Sphagnum gelegt und mässig feucht gehalten. Sie quollen dabei ziemlich bedeutend auf, zeigten aber keine weitere Entwickelung. Schliesslich stellten sich Schimmelpilze ein und zerstörten die Kulturen. Durch die Angaben von Nobbe und Detmer aufmerksam gemacht, behandelte ich auch einige Male eine Anzahl Körner mit Chlorwasser von bestimmter Concentration und erzielte hierbei wenigstens das, dass einige Male einige Samen in der Keimung so weit vorschritten, dass das Würzelchen eben aus dem Mikropyleende der Testa hervorzutreten begann. Immer aber wurde das weitere Wachsthum sehr bald sistirt und die Keimlinge gingen zu Grunde. Im Endosperm war bei diesem Samen nur insofern eine Veränderung zu beobachten, dass in der Nähe des Embryo die Zellen das Oel in feinerer Vertheilung, vielleicht auch in geringerer Quantität enthielten. Die fernere Vertheilung des Oels in kleine bis winzig kleine Tröpfchen trat übrigens auch bei den gequollenen, aber nicht gekeimten Samen ziemlich häufig auf. Zur Aussaat gelangten ein Jahr alte, sowie ganz frisch gesammelte Früchte. Die Aussaaten der ersteren stehen jetzt seit 6 und 9 Monaten, die der letzteren seit 4 Monaten in dem oben beschriebenen Zustande.

2) Canna.

Von Arten dieser Gattung kamen lediglich die von Canna indica in verschiedenen Varietäten zur Untersuchung und konnten auch hier sowohl reife wie unreife Samen in Arbeit genommen werden. Die reifen Samen[1]) sind rundliche oder etwas längliche Körner von 4—5 mm Durchmesser, äusserlich braun oder braunschwarz gefärbt. Ihre Oberfläche erscheint von vielen winzigen

[1]) Vergl. Haberlandt „Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze". Wien 1877, p. 10 und 11.

Pünktchen matt, ist auch häufig von einer dünnen grauweissen Wachsschicht überzogen, die aber sehr leicht verwischt wird. Sie sind ausserordentlich hart und spröde, was einerseits auf die harte Beschaffenheit des Perisperms, dann aber auch auf die Kieselsäure-Einlagerung in der Testa zurückzuführen ist. Am Mikropyleende der anatropen Samen ist das Ende des Funiculus als flaches Grübchen erkennbar, neben dem eine kleine circumscripte Stelle durch eine seichte ringförmige Einkerbung sich abhebt, die bei der Keimung als Deckel abgeworfen wird. Mediane Schnitte (median im Sinne wie bei Colchicum) zeigen, dass die durch und durch braun gefärbte Testa eine ziemliche Dicke besitzt und bis auf das Mykropyleende gleichmässig um das Perisperm herumläuft. Am Mikropyleende dringt, allmählig sich auskeilend, die Testa kragenförmig in das Perisperm vor, oft in einer Länge bis zu einem Millimeter. In dem steinharten weissgefärbten Perisperm liegt der Embryo, dessen Länge fast dem ganzen Durchmesser des Samens gleichkommt. Ihn umgiebt, sich an die kragenförmige Einstülpung der Testa anschliessend, eine längliche Höhlung, die von einer besonderen gelblichen Membran ausgekleidet ist. Mit dem etwas angeschwollenen kurzen Radicularende, welches in jener Einstülpung liegt, dringt der Embryo bis unmittelbar an die Testa vor. Er ist über dem kurzen hypokotylen Glied sanft eingeschnürt, der Cotyledo macht den grössten Theil seiner Masse aus und liegt als längliches keulenförmiges Gebilde ganz im Perisperm. Der Raum in jener kragenförmigen Einstülpung, sowie die Höhlung im Perisperm entsprechen dem Embryosackraum und ist die die Höhlung auskleidende Membran wahrscheinlich als Endospermrest anzusprechen.

Anatomische Beschreibung.

Gleich zu Anfang muss hier, da sie mit der sonstigen Structur des Samens nicht in Zusammenhang steht, einer Beobachtung erwähnt werden, die an halbreifen, in Spiritus aufbewahrten Samen gemacht wurde. Es zeigte sich nämlich die Oberfläche der letzteren von eigenthümlichen halbkugelförmigen Gebilden bedeckt, von denen ich zuerst annahm, dass sie mit den zahlreich vorhandenen Spaltöffnungen in Beziehung ständen. Genauere Untersuchungen zeigten indessen bald, dass dies nicht der Fall war, ihre Vertheilung war eine ganz willkürliche. Im Profil erscheinen diese

Körper als aus mehreren concentrischen Schichten bestehende Aggregate, die zwischen gekreuzten Nicols den polarisirten Lichtstrahl stark drehten. Die Zahl der Schichten war wechselnd (2—5), dabei zeigten sich häufig, sowohl zwischen den einzelnen Schichten, als namentlich zwischen der innersten Schicht und dem Kern spaltenförmige Hohlräume. Die äusserste Schicht bestand aus zahlreichen dicht nebeneinander liegenden stäbchenförmigen Krystallen von nicht immer gleicher Länge, wodurch der äussere Umriss der Körper etwas unregelmässig erschien. Die mikrochemische Untersuchung, auf deren Details hier nicht eingegangen werden soll (ich verweise diesbezüglich auf die Reaktionen, welche Hansen in seiner Arbeit über Sphaerokrystalle angiebt)[1]), ergab, dass die äusserste stäbchenförmige Schicht aus oxalsaurem Kalk bestand, während die ganze innere Masse phosphorsaurer Kalk war. Ueber die Entstehung dieser Körper kann ich leider nichts angeber, da sie bei allen Samen der betreffenden Parthie in gleicher Weise und gleich gross ausgebildet waren und bei anderen Samen nur hie und da sehr selten etwas ähnliches gefunden werden konnte. Ebenso muss ihre Bedeutung im Unklaren bleiben, obgleich es von grossem Interesse wäre zu wissen, ob sie bei fortschreitender Reife abgestossen oder von dem Samen wieder resorbirt werden. Es mag noch bemerkt werden, dass sie der Testa stets fest anhafteten und nur durch Schaben entfernt werden konnten. Ihre Aehnlichkeit mit Sphaerokrystallen von phosphorsaurem Kalk, wie sie in den Geweben verschiedener Pflanzen (z. B. Euphorbia caput Medusae) durch Alkohol niedergeschlagen werden, lässt vielleicht auch schliessen, dass sie auch in unserem Falle ein Kunstproduct seien. Hiergegen spricht indessen entschieden die stets regelmässig ausgebildete, aus dicht aneinander gefügten Kalkoxalatkrystallen bestehende Hüllschicht. Auch glaube ich in einzelnen Fällen eine dünne Plasmamembran über dem Ganzen wahrgenommen zu haben, die jedoch auch von resorbirten Zellen der Fruchtknotenhöhlung herrühren kann.

Die Testa ist in drei von einander sehr verschiedene Schichten differencirt, von denen die äussere und die mittlere ungefähr gleich dick sind, während die innere nur wenig entwickelt ist.

---

[1]) Arbeiten des botan. Instit. in Würzburg. Bd. II.

Die äusserste Schicht besteht aus radial gestreckten, lückenlos an einander liegenden und ausserordentlich stark verdickten Stäbchenzellen, die nur nach oben hin eine kleine Erweiterung ihres Lumens zeigen, die mit einem Ballen amorpher Kieselsäure angefüllt ist. Die stärkste Verdickung findet sich ungefähr zwischen dem zweiten und dritten Drittel der ganzen Höhe, wo das Lumen fast vollständig verdrängt ist. Mit dieser Verdickung läuft Hand in Hand eine eigenthümliche chemische Differencirung dieser Stelle, die sich äusserlich in Gestalt einer stark lichtbrechenden, parallel der Peripherie des Samens laufenden Zone zu erkennen gibt. Derartige Zellen heissen bekanntlich malpighische Zellen und jene lichtbrechende Zone geht unter dem Namen der Lichtlinie oder linea lucida. Bei verschiedenen Samen wurde dieselbe von Mattirolo[1] [2]) genauer untersucht. Auch bei Canna ergab sich, dass sie eine verholzte Parthie der Zellmembran darstellt, alle Reactionen, wie sie Mattirolo anführt, hatten bei Canna indica denselben Erfolg. Damit ist allerdings das eigenthümliche Lichtbrechungsvermögen dieser linea lucida nicht erklärt; dasselbe hat wahrscheinlich in ihrer besonderen molekularen Structur seinen Grund. Die äussere Wandung dieser Stäbchenzellen wird im reifen Samen sehr leicht zerstört und findet man deshalb die Kieselsäure-Ballen sehr häufig frei auf der Oberfläche der Testa liegend. Zwischen den Stäbchenzellen eingelagert sind sehr viele und grosse wohlausgebildete Spaltöffnungen, nur in dem deckelförmigen Testatheil an der Mikropyle fehlen sie gänzlich. Sie bestehen aus zwei grossen, stets gekrümmten Schliesszellen, die von einem Kranze kleiner Nebenzellen umgeben sind. Unter jeder Spaltöffnung befindet sich eine grosse Athemhöhle, die bis in die zweite Testaschicht reicht. Diese zweite Schicht besteht aus 5—7 Lagen gelber Sklerenchymzellen, die tangential etwas gestreckt, sehr stark verdickt und von braungelber Farbe sind. Die dritte Schicht endlich setzt sich zusammen aus zwei Lagen dunkelbrauner dünnwandiger Parenchymzellen, die

---

[1]) O. Mattirolo: La linea lucida nelle cellule malpighiane degli integumenti seminali Torino. Ermanno Loescher 1885.

[2]) —: Sullo sviluppo e sulla natura dei tegumenti seminali nel genere Tilia Linn. Estratto dal Nuovo Giornale Botanico Italiano, Vol. XVII. N. 4. Ottobre 1885.

Harz als Farbstoffschicht bezeichnet. Beide, die zweite und dritte Schicht bilden zusammen da, wo der Deckel an der Mikropyle sich abhebt und seinem Umriss entsprechend jenen kragenförmigen Fortsatz, der das Würzelchen des Embryo in sich birgt und von dem schon oben die Rede war.

Das Perisperm stellt wieder ein gleichartiges, lückenloses Gewebe vor, dessen Zellwände eine mittlere Verdickung aufweisen und getüpfelt sind. Der Inhalt der Zellen setzt sich zusammen aus netzförmig angeordnetem, feinkörnigem Plasma und in den Maschen dieses Netzes eingelagerten ovalen, durch gegenseitigen Druck häufig abgeplatteten, ziemlich grossen Stärkekörnern. Auch bei den Canna-Samen konnte sehr schön die Protoplasmaverbindung zwischen benachbarten Zellen durch die Tüpfelschliessmembran hindurch nachgewiesen werden. Sie verhält sich hier ganz wie bei Colchicum, weshalb auf dieses verwiesen sein mag. Der innersten Testaschicht liegt das Perisperm mit einer epidermisartigen Zellenlage an, während die Embryohöhlung mit einer einfachen, nur Eiweissstoffe führenden Parenchymschicht ausgekleidet ist.

Der Embryo, dessen Form und Lage oben schon beschrieben wurde, besteht aus dem Wurzelende, dem hypokotylen Glied mit mehreren Adventivwurzelanlagen und dem an diese sich anschliessenden keulenförmigen Cotyledo. An der Plumula sind auf medianen Längsschnitten einige junge Blattanlagen zu erkennen. Das Gewebe des Cotyledo ist ein von vielen Interzellularräumen durchsetztes, aus kugeligen oder polyedrischen Zellen bestehendes Aggregat, in dem die Gefässbündelanlagen als langgestreckte, dünnwandige, plasmaerfüllte Stränge verlaufen. Die Oberfläche wird gebildet aus rechteckigen, mit einer dünnen Cuticula versehenen Epidermiszellen, die nach unten in die Epidermis des hypokotylen Gliedes übergehen. Sowohl Epidermis wie Parenchym sind erfüllt mit kleinen, mit Jod sich gelb färbenden Proteïnkörnern und mit in Aether lösslichen Oeltröpfchen. Sehr interessant ist ferner das zahlreiche Vorkommen von kleinen, mit Jod rothbraun sich färbenden Stärkekörnern, welche rundlich sind und eine centrale Kernhöhle besitzen. Die Färbung wurde in der Weise erreicht, dass ich die Schnitte, um die die Beobachtung störenden Oeltröpfchen zu entfernen, einige Zeit mit Aether extrahirte. Dann wurden sie auf dem Objectträger mit Jodjodkaliumlössung behandelt, worauf im ersten Augenblick

eine Violettfärbung auftrat, um aber sofort wieder zu verschwinden und ins Röthliche oder Rothbraune umzuschlagen. Erst bei längerer und reichlicherer Einwirkung der genannten Jodlösung, nahmen die Körner mehr Jod auf und wurden schliesslich schwarz, ohne aber vorher die Violettfärbung noch einmal zu zeigen [1]). In den Gefässbündeln des Cotyledo kommen auch schon im ruhenden, ungekeimten Embryo dünne und zarte Spiralgefässe vor. Auch das Gewebe der Keimaxe verhält sich wie das des Cotyledo. Es ist ebenfalls nach aussen hin von einer aus radial gestreckten Zellen bestehenden Epidermis umgeben und führt Eiweiss, Fett und rothe Stärkekörner. Ring- und Spiralgefässe sind bereits vorhanden und das Grundgewebe ist von luftführenden Interzellularräumen durchsetzt. Die Wurzel baut sich aus den gewöhnlichen vier Meristemen auf, von denen das Plerom und Kalyptrogen eigene, das Periblem und Dermatogen gemeinsame Initialzellen besitzen. Das Periblem ist verhältnissmässig schmal und besteht bis ziemlich weit oben hinauf aus nur zwei bis drei Zellschichten; alle Zellen haben einen grossen Zellkern und feinkörnigen, protoplasmatischen, stärkefreien Inhalt. Die Vegetationsspitze der Keimaxe entspricht in ihrem Bau der Wurzelspitze, wenn man sich die Kalyptra mit dem Kalyptrogen hinwegdenkt. Sie ist ziemlich flach und wird von den ersten Blattanlagen, die bis auf das Vorhandensein einer Epidermis noch nicht näher differenziert sind, tutenförmig umhüllt. Stärkekörner kommen, wie oben bemerkt, nur im Cotyledo und hypokotylen Gliede vor, fehlen dagegen vollständig in den Vegetationskegeln und den jungen Blattanlagen. Es muss übrigens noch nachträglich erwähnt werden, dass in den beiden erst genannten Organen neben rothen, auch solche Körner vorkommen, welche sich mit Jod schmutzig violett färben.

3) Musa Ensete.

Die Samen dieser Pflanze sind schon von Wittmack im Jahre 1867 ziemlich ausführlich beschrieben worden [2]) und habe ich

---

[1]) Die Angabe von Arthur Meyer (Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. Jahrg. 1886, Bd. IV, Heft 8, p. 360) über Stärkekörner, welche sich mit Jod roth färben, bezieht sich jedenfalls auf die Stärkekörner des Embryo.

[2]) Wittmack, Musa Ensete. Ein Beitrag zur Kenntniss der Bananen. Halle 1867, p. 37.

seiner übersichtlichen Darstellung, was die Morphologie und die grobe Anatomie betrifft, nichts weiter hinzuzufügen. Die zur Untersuchung gekommenen Samen waren schwarzbraun gefärbt und mit einem aschgrauen, dünnen Ueberzug bedeckt, welcher sich sehr leicht in kleinen Schüppchen loslöste. Die überaus dicke Samenschale vertieft sich am Nabelende zu einer grossen Höhlung mit überwallenden Rändern; in der Mitte dieser Höhlung nimmt man wiederum eine kleine Vertiefung wahr, aus welcher beim Keimen der Embryo hervortritt. An dem dieser Stelle diametral gegenüberliegenden Theile der Testa, die hier besonders stark verdickt ist, liegt, in das Perisperm sich vorwölbend, ein glockenförmiger Raum, welcher beim trocknen Samen mit einer glasartig spröden, braunen Masse erfüllt ist. Das Perisperm stellt eine harte, jedoch leicht zu pulvernde weisse Masse dar, in welche am Mikropyleende der Embryo eingelagert ist und mit seinem Wurzelende in die eben erwähnte kleine Vertiefung hineinragt. Wie Wittmack ganz treffend bemerkt, hat er eine hutpilzartige Gestalt, wobei der Huttheil dem Cotyledo, der kurze Stiel dem hypokotylen Gliede und dem Würzelchen entspricht. In Bezug auf alle weiteren morphologischen Details, namentlich auch auf die Grössenverhältnisse, sei hier einfach auf die Wittmack'sche Arbeit verwiesen.

Die oberflächliche silbergraue Färbung des Samens rührt her von einer einfachen Schicht polyedrischer, ziemlich stark verdickter und radial abgeplatteter Zellen mit gelbbraun gefärbten Wandungen. Eine jede von ihnen enthält einen grossen, unregelmässig geformten und das Lumen fast ausfüllenden, grauweiss schimmernden Körper. Andere Inhaltsstoffe sind nicht wahrzunehmen. Die genannten Massen verhielten sich gegen alle Reagentien vollkommen indifferent und blieben auch bei der Veraschung in Form und Structur fast unverändert. Ebenso blieb von den Membranen bei diesem Prozess ein lockeres Gerüst über, welches, wie jene Inhaltsmassen, von den gewöhnlichen Säuren nicht gelöst wurde, dagegen in Flusssäure sofort verschwand. Es bestanden also jene Inhaltsmassen aus amorpher Kieselsäure (sie drehten auch nicht den polarisirten Lichtstrahl) und auch die Membranen jener Zellschicht waren ziemlich stark verkieselt. Die nun folgende weitaus den grössten Theil der Testa ausmachende Schicht ist ein dichtes Gefüge von mehreren, bis zu 30 Zellenlagen, die ohne weitere Behandlung als eine ein-

heitliche, tief dunkelbraun gefärbte Masse erscheint. Nur in den inneren Parthien pflegt die Färbung eine lichtere zu sein. Schwefelsäure ruft keine Veränderung hervor und ebenso bewirkt auch Salpetersäure erst nach sehr langer Einwirkung eine schwache Aufhellung. Behandelt man dünne Schnitte mit kochender Kalilauge und untersucht sie nach dem Auswaschen in Salzsäure, so wird das zellige Gefüge deutlich, um nach dem Entfernen der Salzsäure wieder der undurchsichtigen Färbung Platz zu machen. Auf diese Weise behandelte Schnitte lassen dann die einzelnen Zellen als peripherisch gestreckte, sklerenchymatische Elemente erkennen, die in der Fläche der Testa nach allen Richtungen verlaufen und mit schiefen Enden in einander gekeilt sind. Ein deutlicher Inhalt ist nicht wahrzunehmen, dagegen sind die Membranen, sowie zahlreiche höckerförmig in das Lumen vorspringende Verdickungen von einer braunen, humösen Substanz durchtränkt. Dicht bei einander stehende, in den benachbarten Zellen correspondirende Tüpfel durchsetzen die Zellwände. Eine dritte, im Gegensatz zu der eben behandelten sehr dünnwandige, aus zwei Zellenlagen bestehende Schicht schliesst sich hier an. Ihre Zellen sind unregelmässig gestaltet, indessen meist parallel der Testafläche gestreckt, ohne Inhalt und besitzen hellgelb gefärbte Wandungen. Die vierte Testaschicht ist wieder aus zwei Zellenlagen zusammengesetzt, enthält durchweg quadratische oder zur Oberfläche des Samens senkrecht etwas gestreckte Zellen mit mittelstarken Wandungen; auch sie führen keinen Inhalt. Den Beschluss der Testa nach innen bildet eine aus radial stark zusammengepressten Zellen bestehende, dünne Lage, an der man nicht deutlich unterscheiden kann, ob sie blos aus einer oder mehreren Zellschichten besteht. Mit Jod sich schwach gelb färbend, ist sie gegen Schwefelsäure vollkommen resistent und löst sich in kochender Kalilauge, ihre Wände scheinen also vollständig aus Korksubstanz zu bestehen.

Der oben erwähnte, dem Nabel gegenüberliegende glockenförmige Raum in der Testa, den Wittmack als weichen Fortsatz der Samenschale bezeichnet, ist im reifen Samen in Bezug auf seine Structur schwer zu untersuchen. Er scheint ein ganz eigenartiges Gebilde zu sein, dessen Bedeutung vielleicht darin zu suchen ist, dass er bei der Keimung stark gallertartig aufquellend, die innere dünne Schicht der Testa in das Perisperm vordrängt und so dem

aufsaugenden Organ, dem Cotyledo, nach und nach anpresst. Im trocknen Samen ist nichts weiter zu erkennen, als ein sehr zartwandiges, aus grossen, tonnenförmigen Zellen bestehendes Gewebe, das in seinen Hohlräumen mit einer braunen, festen Substanz erfüllt ist. Die letztere ist in Wasser unveränderlich, löst sich nicht in Aether, auch nach längerer Behandlung. Dagegen tritt bei Einwirkung von Alkohol, Aether-Alkohol, Glycerin und Terpentinöl leicht Lösung ein, man dürfte es also vielleicht mit einem holzartigen Körper zu thun haben, dessen genauere Bestimmung allerdings durch diese Reaktionen nicht gegeben ist. Eine Gerbstoffreaktion, wie Wittmack sie gefunden zu haben scheint, konnte ich nie beobachten. In dieser braunen Masse mündet das Gefässbündel des Nabelstranges, seine weitere Ausbreitung wurde nicht specieller verfolgt.

Das Perisperm stellt äusserlich einen sehr harten weissen oder weisslich gelben Körper vor, der bei dem Versuch, Schnitte aus ihm zu fertigen, meistens in ein feines, lockeres Pulver zerfällt. Auch bei der sorgfältigsten Behandlung lassen sich nur zwei distincte, der innersten Testaschicht anliegende Zellenlagen wahrnehmen, die aus rechteckigen Zellen bestehen, mit nicht sehr dicken, stark lichtbrechenden Membranen versehen sind und als Inhalt eine homogene Protoplasma-Masse mit vielen kleinen, eingelagerten Proteïnkörnern führen. Das übrige Perispermgewebe lässt seine sehr dünnen, vielfach gefälteten Membranen nur nach vorhergehender Behandlung mit Kalilauge wahrnehmen. Im Uebrigen bemerkt man nichts weiter, als eine Masse von vielen mittelgrossen, rundlichen Stärkekörnern, zwischen denen jene bekannten, ungeheuer grossen Proteïnkrystalle liegen. Wittmack hat die letzteren für grosse, zusammengesetzte Stärkekörner gehalten und seine Angabe, dass sie aus vielen kleineren beständen, ist dadurch zu erklären, dass die wirklichen Stärkekörner, die ihnen dicht gedrängt anliegen, sich gewissermassen auf ihnen abgedrückt haben. Uebrigens sind wir schon seit Langem über die Natur und Gestaltverhältnisse dieser Krystalloide durch die Schimper'schen Untersuchungen unterrichtet. Die Zellwandungen des Perisperms scheinen wie die innerste Lage der Testa cuticularisirt zu sein, was auch daraus sich ergeben dürfte, dass sie nach der Keimung als lockeres, in seiner Structur unverändertes Gewirr zurückbleiben.

Der Embryo, dessen Gestalt oben schon kurz beschrieben wurde, liegt mit seinem hutpilzartigen Cotyledo vollkommen im Perisperm, während hypokotyles Glied und Radicula in der an dem Nabel liegenden Vertiefung der Testa geborgen sind. An diesem Theil befindet sich die längsgestreckte Cotyledonarspalte so, dass sie auf einem Medianschnitt durch den Samen der schmalen Seite des letzteren zugewandt ist.

Die Anlage der Gewebesysteme im Embryo geschieht nach demselben Typus, wie er bei Canna beschrieben wurde. Als besondere Gewebedifferencirung mag noch angeführt werden, dass sich im hypokotylen Glied zahlreiche Anlagen von Krystallschläuchen vorfinden, in denen auch schon im ruhenden Embryo hin und wieder ausgebildete Raphidenbündel auftreten. Sein Gewebe besteht sonst aus gleichartigen, kleinen Zellen von rundlicher Gestalt, zwischen denen zahlreiche lufterfüllte Interzellularräume sich vorfinden. Sie enthalten stets nur Plasma mit kleinen Proteïnkörnern und viel fettes Oel; Zucker konnte nirgends nachgewiesen werden. In den Anlagen der Fibrovasalstränge waren langgestreckte, inhaltsarme Zellen zu erkennen, jedoch war es noch nicht zur Ausbildung von fertigen Gefässen gekommen. Die Oberfläche des Embryo ist von einer gut differencirten, normalen Epidermis bedeckt, namentlich auch ist der Cotyledo von einer solchen überzogen und lässt nirgends eine histologische Anpassung an seine Function als Saugorgan erkennen. In dem Samen, welchen Wittmack untersuchte, soll der Embryo spangrün gefärbt gewesen sein, welche Färbung von chlorophyllartig gefärbten Körnchen herrühren sollte. Ich glaube nicht, dass es sich hier um eine normale Bildung gehandelt hat, viel weniger noch um das Vorhandensein eines phycochromartigen Farbstoffs, wie Wittmack sich ausdrückt, sondern vielmehr um eine durch die Aufbewahrung in Alkohol bewirkte sekundäre, chemische Veränderung. An frischen Samen ist der Embryo stets durch und durch wachsweiss gefärbt, auch ist es mir durch Einlegen in Alkohol bisher nicht gelungen, die Wittmack'sche Beobachtung zu bestätigen.

4) Clivia nobilis

Zum Vergleich wurden auch die Samen dieser Pflanze herangezogen, obgleich von vornherein keine Aussicht war, Keimversuche mit ihnen anstellen zu können. Sie liegen zu je zwei in einem

Fach der Frucht, sind von der Grösse einer Erbse, an dem der Placenta zugekehrtem Ende seitlich etwas abgeplattet und blassgelb gefärbt. An dem der Abplattung gegenüberliegenden Ende des Samens tritt die Mikropyle als kleiner, bräunlich gefärbter Vorsprung hervor. Auf der Medianebene, von der Mikropyle fast um den vierten Theil des Umfanges um den ganzen Samen entfernt, endigt der Nabelstrang als kleiner scharfer Höcker und ist von hieraus bis zu der, der Mikropyle diametral gegenüberliegenden Chalaza, als feiner bräunlicher Streifen zu verfolgen. Ein medianer Schnitt durch den Samen zeigt eine verhältnissmässig dünne Testa, ein hornartiges, halbdurchsichtiges Endosperm und diesem letzteren eingelagert in der Axe des Samens einen langgestreckten Embryo. Mikroskopisch besteht die Samenschale aus einer varienten Zahl dünnwandiger Zellschichten, deren Lumen leer ist und deren Wände ein etwas gallertartiges Aussehen haben. Die letzteren bestehen, wie die Reaktionen ergaben, aus reiner Cellulose. Die Epidermis ist mit einer ungemein starken, braun gefärbten Cuticula bedeckt, die sich nach unten in die radialen Wände als ziemlich tief reichende Zapfen fortsetzt (an die Epidermis der Blätter von Aloë etc. erinnernd). Die unter der Cuticula liegende äussere Epidermiszellwand ist ebenfalls sehr stark verdickt und cuticularisirt, während die radialen Wände, sowie die innere Epidermiszellmembran aus Cellulose bestehen. Mitten durch die oben erwähnten dünnwandigen (tangential übrigens meist etwas gestreckten) Zellen zieht sich eine der Cuticula an Dicke und Aussehen gleichende Zellwand, welche die Testa in einen äussern und innern Theil abgrenzt. Sie entsteht durch Verdickung der peripherischen Zellwände irgend einer beliebigen jener dünnwandigen Schichten. Sie sowohl, wie die Cuticula zeigen ein stäbchenartiges Gefüge, das ich auf das Vorhandensein unendlich vieler, sehr feiner Tüpfelkanäle zurückführen möchte. Erwähnt sei schliesslich noch, dass die radialen Wände der Epidermiszellen viele feine, in das beiderseitige Lumen vorspringende Verdickungen führen, die von querbalkenartiger Gestalt sind. An das Endosperm grenzt die Testa mit einer radial abgeplatteten einfachen Zellenlage, deren dem Endosperm anliegende Wand stark verdickt, gelb gefärbt und cuticularisirt ist. Wie bei den anderen Zellen sind auch hier die Lumina nur mit Luft erfüllt. Das Endosperm gleicht sehr demjenigen von Colchicum

und besteht demnach aus polyedrischen, stark und oft knotig verdickten Zellen mit vielen breit cylindrischen Tüpfeln, die von oben als grosse runde Löcher in der Membran erscheinen. Der Inhalt der Zellen besteht aus einer überwiegenden Grundsubstanz von körnigem Protoplasma, dem zahlreiche rundliche Stärkekörner eingelagert sind, welche meist einfach, nicht selten aber auch zusammengesetzt auftreten. Wie bei Colchicum und Canna konnte ich auch hier mit Leichtigkeit schön ausgebildete Protoplasmaverbindungen zwischen den Zellen nachweisen. Die nähere Beschreibung des Embryo kann ich hier unterlassen, da eine fast vollständige Uebereinstimmung mit demjenigen von Canna besteht, nur dass bei Clivia der tief in's Endosperm vordringende Cotyledo nicht keulenförmig angeschwollen ist, sondern mehr oder weniger spitz verläuft. Das hypokotyle Glied wird von zwei in der Mediane liegenden Gefässbündeln mit vollkommen ausgebildeten Ring- und Spiralgefässen durchzogen, die in den Cotyledo ausbiegen und allmählig verlaufen. Vegetationspunkt und Wurzelspitze sind differencirt, wie es oben für Canna beschrieben wurde, und bestehen aus kleinen, isodiametrischen Zellen, während das übrige Gewebe des Embryo uns unregelmässig gestaltete, häufig gestreckte Elemente darbietet. Bis auf die Epidermiszellen, die der Stärke entbehren, sind alle Zellen mit Protoplasma und kleinen, rundlichen Stärkekörnern erfüllt. Neben ihnen treten Raphidenbündel, namentlich im Gewebe des Cotyledo, auf.

5) Veratrum nigrum.

Wegen ihrer eigenthümlichen Gestalt wurden auch noch die Samen dieser Pflanze herangezogen. Ihr morphologischer Bau ist schon oft beschrieben worden, er sei also hier nur ganz kurz angedeutet. Sie sind von länglich lanzettlicher Form und rings von der häutig verbreiterten Testa flügelartig umgeben. Parallel der Längsaxe ist dieser Flügel nur schmal, verbreitert sich dagegen am untern und obern Ende des Samens beträchtlich. Soweit die Testa dem Samen anliegt, besteht sie aus zwei Schichten, von denen die äussere die Structur einer gewöhnlichen Epidermis hat mit getüpfelten Radialwänden und von schwach gelblicher Färbung. Die zweite stellt sich dar als mehrere Lagen dünnwandiger, gestreckter und nahe zusammengefallener Zellen. Im Flügel, wo

diese beiderseitigen unregelmässigen Schichten von beiden Seiten auf einander stossen, sind sie nur locker mit einander verbunden und trennen sich auch häufig von einander, so dass ein Hohlraum entsteht und der Flügel also zu einer Art sackartigen Organs wird. Von dem Chalazaende des Samenkörpers zieht sich bis an den Rand des Flügels ein Strang langgestreckter und braungefärbter Zellen, unter denen auch Gefässreste wahrzunehmen sind, mit anderen Worten der Funiculus, der also nicht am eigentlichen Samenkörper herabläuft, sondern dem einen Rand des Flügels folgt. An die zweite eben erwähnte Testaschicht stösst direct das Endosperm als fleischiges festes Gewebe ohne Interzellularräume. Seine Zellen sind ziemlich stark verdickt mit welligen Innenconturen und führen als Inhalt Plasma, Oeltröpfchen und kleine, rundliche Stärkekörner. Der kleine Embryo, von dem Bau der gewöhnlichen Liliaceenembryonen, liegt dicht am Mikropyleende als längliches Gebilde aus kleinen, plasmareichen Zellen bestehend. Nur am Wurzelende sind, und hier auch namentlich in der Umgebung der Gefässbündelanlagen, ziemlich kleine Stärkekörner wahrzunehmen.

Ich schliesse hiermit die morphologische und anatomische Beschreibung der von mir untersuchten Samen und hebe als wichtigere Ergebnisse nur noch kurz folgende Punkte hervor:

1. Die directe Plasmaverbindung aller Endospermzellen unter einander in den Samen von Colchicum, Canna und Clivia durch feine, die Tüpfelmembran durchsetzende Plasmastränge. Bei Veratrum und Musa mit relativ dünnwandigen Endospermwandungen, konnten solche Plasmaverbindungen nicht nachgewiesen werden.

2. Das Vorkommen rother Stärkekörner in den Embryonen von Canna. Auch hier waren sie stets mit sich blau färbenden vergesellschaftet.

II.

Keimungsgeschichte von Canna und Musa.

Es wurde schon oben angeführt, dass die Samen zum Zweck der Keimung in flachen, mit gewöhnlicher Humuserde oder mit Sphagnum erfüllte Schalen ausgesät und einer Temperatur von im

Durchschnitt 20 ° C. ausgesetzt wurden. Stets wurde sorgfältig darauf geachtet, dass die Keimungsbedingungen in allen Fällen dieselben waren. Ebenso wurden zur Beschleunigung des Keimungsanfangs immer 24 Stunden langes Stehen in auf ungefähr 40 ° C. erwärmtem Wasser angewandt. Das Hervortreten des Würzelchens erfolgt so bei Canna schon am zweiten oder dritten Tage, während für Musa ein weit längerer Zeitraum (bis zu drei Wochen) nöthig ist. Die Imbibition mit Wasser beansprucht bei Canna trotz der dicken, spröden Testa nur kurze Zeit. Der im trocknen Zustande spröde und brüchige Embryo, der die Perispermhöhlung nicht einmal ganz ausfüllt, ist schon nach 24 Stunden schwammartig vollgesogen, weich und gequollen. Da die Testa rings festgeschlossen ist, so muss das Wasser seinen Weg durch die zahlreich vorhandenen Spaltöffnungen nehmen, eine Function, die ihnen schon von Schleiden, der sie bekanntlich zum ersten Mal an Samenschalen auffand, zugeschrieben wurde[1]). Sehr bald darauf hat sich das Würzelchen soweit gestreckt, dass es den Deckel der Testa an der Mikropyle abhebt und als kleiner, konischer Fortsatz hervortritt, der, nachdem er einige Millimeter Länge erreicht hat, sehr bald anfängt, sich geotropisch nach unten zu krümmen. An der Biegungsstelle macht sich gleichzeitig, dem hypokotylen Gliede angehörend, das Hervorwachsen einer kleinen Protuberanz bemerkbar, die an der dem Samen abgekehrten Seite eine Längsspalte zeigt; dies ist die Cotyledonarspalte, aus der sehr bald nachher die Plumula hervortritt. Schon jetzt machen sich äusserlich die Anlagen einer ziemlichen Anzahl von Adventivwurzeln bemerklich, die an der Grenze zwischen hypokotylem Glied und Radicula ungefähr kranzartig angeordnet sind. Bei genügender Feuchtigkeit und Wärme wachsen sie schnell heran und können oft schon nach acht Tagen die Länge von einem Decimeter und mehr erreicht haben. Nach acht Tagen ist auch die Cotyledonarprotuberanz zu einem ungefähr einen Centimeter hohen scheidenblattartigen Organ ausgewachsen, aus dem nun seitlich die Plumula hervorbricht. Mit diesem Moment wird das Wachsthum dieses Theils des Keimlings sistirt, während

---

[1]) Vergl. M. J. Schleiden und Th. Vogel „Ueber das Albumen insbesondere der Leguminosen", in den N. A. der Leop.-Car. Academie 1838, Taf. XI, Fig. 9.

der im Perisperm liegende, als Saugorgan functionirende, immer stärker anschwillt, und so allmählich den ganzen Raum des Perisperms einnimmt in dem Masse, als in diesem die Reservestoffe aufgezehrt werden. Der ganze Keimungsvorgang weicht nach dem Gesagten von dem anderer, ähnlicher monokotyler Samen nicht ab und passt speziell bis in alle Details auf den von Mohl bei Corypha frigida beschriebenen Fall[1]). Die Samenschale bleibt ziemlich lange mit der jungen Keimpflanze in Verbindung, bis schliesslich das Saugorgan zusammentrocknet und mit der Samenschale zugleich abfällt. Die Hauptwurzel der Keimpflanze nimmt nicht den Charakter einer Pfahlwurzel an, sondern verhält sich in jeder Beziehung wie die Nebenwurzeln, von denen sie sehr bald nicht mehr zu unterscheiden ist.

Die Keimung der Musasamen forderte, wie schon erwähnt, die Zeit von zwei bis drei Wochen. Während dieser Zeit verliert das Perisperm seine körnige, pulverige Beschaffenheit und wandelt sich in eine breiige, teigartige Masse um. Der hutpilzförmige Cotyledo schwillt beträchtlich an, während aus der Oeffnung der Testa in der Nabelvertiefung das Würzelchen sich hervordrängt und bald geotropisch nach abwärts krümmt. An der Biegungsstelle liegt die Cotyledonarspalte als quergestreckter Streifen, über den die benachbarte Parthie des Cotyledo als scheidenförmiges Gebilde emporwächst. Nach kurzer Zeit treten die ersten Laubblätter aus der Spalte hervor, welche unten von der Cotyledonarscheide umgeben sind. Der im Samen zurückbleibende Theil des Cotyledo schwillt mehr und mehr an, bis er schliesslich den Innenraum der Testa fast ganz ausfüllt unter gleichzeitiger Verdrängung resp. Aufzehrung des Perisperms. Die junge Pflanze kann schon nach acht Tagen die Höhe von ungefähr einem Decimeter erreichen; das weitere Wachsthum geht unter günstigen Bedingungen sehr schnell vor sich. Das Würzelchen verlängert sich dabei zu einer wohlcharakterisirten Hauptwurzel, um die eine ganze Anzahl von am

---

[1]) „Hugo v. Mohl, Historia naturalis Palmarum: Cotyledonei corporis vagina in variis speciebus ostendit nonnullas diversitates, cotyledoneum enim corpus aut, ut in Phoenice, longitudinalem rimam ostendit, per quam plumula erupit; tum petiolus plantam teneram semini jungens in vaginae folio cotyledoneo formatae apice insidet, aut, ut in Corypha frigida, haec Vagina elongatur ultra locum, ubi petiolus inseritur, sub ocreae forma."

Wurzelhals entspringenden Nebenwurzeln sich ausbreiten. Die Testa mit dem in ihr enthaltenen Saugorgan bleibt, wie in vielen ähnlichen Fällen, lange mit der Keimpflanze in Verbindung.

Was nun die Stoffvertheilung und Verwendung im keimenden Samen betrifft, so stimmen dieselben von Musa und Canna bis auf unbedeutende Abweichungen vollkommen überein und sollen deshalb hier gemeinsam behandelt werden. In Bezug auf die Lösung der im ruhenden Samen aufgestapelten Reservestoffe, sowohl der stickstoffhaltigen, als der stickstofffreien, musste ich mir natürlich die Möglichkeit der Isolirung eines Fermentes vorhalten. Die daraufhin zielenden Versuche wurden in der Weise angestellt, dass eine gewisse Quantität, welche möglichst gross genommen wurde, von aufgeweichtem Perisperm (ohne die Testa) einerseits und in kleine Stückchen zerschnittenen Keimlingen andererseits mit Glycerin extrahirt wurden. Bei der einen Versuchsreihe wurde die Flüssigkeit mit Salzsäure schwach angesäuert, in der andern schwach alkalisch gemacht oder auch ganz neutral gelassen. Das Resultat war bei beiden Pflanzen in allen Fällen ein negatives, insofern als nie eine erhebliche, chemisch erkennbare Quantität irgend eines Fermentes erhalten werden konnte. Nichtsdestoweniger müssen solche vorhanden sein, wie namentlich aus dem corrodirten Aussehen in Auflösung begriffener Stärkekörner evident hervorgeht. Dasselbe gilt z. B. auch für die Krystalloide von Musa, die sonst gegen alle Lösungsmittel resistent sind, bei der Keimung aber in der Umgebung des Saugorgans sehr schnell verschwinden d. h. gelöst werden. Als zu lösende Gegenstände wurden in die untersuchten Flüssigkeiten kleine Stückchen von gekochtem Hühnereiweiss und von gewöhnlichem Stärkekleister gethan; beides blieb bei einer Temperatur von 35 ° C. immer vollkommen unverändert. Uebrigens verläuft die Lösung sowohl der Stärke, wie der stickstoffhaltigen Inhaltsstoffe des Perisperms, ziemlich schnell, soweit die einzelne Zelle in Betracht kommt. Zellen mit theilweise gelöstem, theilweise unverändertem Inhalt sind nur selten anzutreffen. Dagegen ist die Aufzehrung des Perisperms als Ganzes ein ziemlich langwieriger Prozess, so dass man oft noch bei ganz grossen Keimpflanzen eine beträchtliche Menge unveränderten Perisperms findet.

Der heranwachsende Embryo ist naturgemäss mit Nährstoffen in der reichsten Weise versehen und erfüllt. Sowohl in ganz jungen,

wie auch in älteren Keimpflanzen, ist mit Leichtigkeit Zucker in ziemlich grosser Menge nachzuweisen. Benutzt wurde zu diesem Zweck die von Molisch in die botanische Praxis eingeführte Thymolreaction, welche nun freilich bekanntlich nicht genügend ist, insofern eine ganze Reihe auch nicht zuckerartiger Körper mit Thymol und Schwefelsäure die bekannte Färbung geben. Für meine Zwecke kontrolirte ich daher die Molisch'sche Probe dadurch, dass meistens ein zweites Stück desselben Objektes mit Fehling'scher Lösung behandelt wurde. Ueberall liess sich dabei in den Zellen ein mehr oder weniger reichlicher Niederschlag von rothem Kupferoxydul erkennen, wo auch die Thymolreaction die Gegenwart von Zucker durch die rothe Farbe angezeigt hatte. Namentlich reichlich findet sich die Glycose in dem hypokotylen Glied der Keimlinge, ist auch noch im Cotyledo in grosser Menge vorhanden, weniger dagegen in dem Würzelchen, welches dafür sehr bald anfängt Stärkekörner, hauptsächlich in der Umgebung der Gefässbündel, zu zeigen (Wanderstärke). Bei Musa entstehen diese Stärkekörner an leicht vergänglichen, namentlich in Wasser sich sehr schnell lösenden Stärkebildnern, von langgestreckter, pfriemenförmiger Gestalt. Bei Canna konnte ich Stärkebildner nicht mit Bestimmtheit auffinden. In älteren Keimlingen ist Stärke durch alle Theile verbreitet, wenn auch häufig nur in sehr geringer Menge. Die Phloëmtheile der Gefässbündel, sowie die Meristeme an der Wurzel- und Plumulaspitze strotzen von protoplasmatischem Inhalt, in dem jedoch irgend welche geformte Körper nicht vorkommen. Die später in allen Theilen der Pflanze bei Musa vorkommenden Gerbstoffzellen sind in der jungen Keimpflanze noch nicht (auch nicht in der Anlage) nachzuweisen. Dagegen finden sich schon sehr früh Krystallschläuche mit ausgebildeten Raphidenbündeln.

Durch die Untersuchungen von Sachs an der Dattelpalme, sowie nach den zusammenfassenden Darstellungen von Ebeling[1]) und Haberlandt[2]) wissen wir, dass das Saugorgan in sehr vielen Fällen, namentlich bei monokotylen Samen, eine besondere Differencirung an seiner Oberfläche erleidet, darin bestehend, dass die

---

[1]) Ebeling, Flora 1886: Die Zellen sind äusserst dünnwandig, wie überhaupt alle Zellen, die zum Säugen dienen.

[2]) Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie pag. 165, die Zellwandungen sind natürlich von zarter Beschaffenheit.

Epidermiszellen einmal sehr dünnwandig sind und dann namentlich in Gestalt von Papillen oder haarartigen Gebilden hervorragen und so allmählig in das Endosperm eindringen. Mit anderen Worten, wir haben Zellen vor uns, die in Gestalt und Structur ihrer Function auf das vollständigste angepasst sind. Bei Musa nun und vor allem bei Canna fällt eine solche Differencirung gänzlich weg, höchstens ist sie bei Musa noch dadurh angedeutet, dass die Epidermiszellen des aufsaugenden Theils des Cotyledo ziemlich dünnwandig sind und mit dem Perisperm in unmittelbarer Berührung stehen. Bei Canna dagegen ist die äussere Wandung kolossal stark verdickt und die ganze, aus etwas radial gestreckten Elementen bestehende Schicht gegen das Perisperm zu von einer deutlich ausgebildeten Cuticula abgeschlossen. Daraus folgt mindestens, dass die Ueberleitung der Reservestoffe des Perisperms in den Embryo auch durch anders geformte Zellen bewirkt werden kann, als durch den von Haberlandt und Ebeling aufgestellten Typus. Bei Canna ist ausserdem noch eine sehr interessante Erscheinung zu beobachten, die darin besteht, dass die Zellen des Perisperms während der Aufzehrung des letzteren von allen Seiten gegen das obere Ende des Cotyledo hinwachsen und hier successive aufgelöst werden. Gerade dieser Theil des Cotyledo aber ist von jener stark verdickten Epidermis bedeckt. Sowohl bei Canna wie bei Musa bleiben die Wandungen des Perisperms als wirre lockere Masse in der Testa zurück nnd trocknen hier später zu winzigen, häutigen Fetzen zusammen.

Schliesslich sage ich meinen hochverehrten Lehrern, dem Herrn Prof. Dr. M. Reess und dem Privat-Dozenten Herrn Dr. C. Fisch für ihre gütige Unterstützung bei dieser Arbeit meinen besten Dank.